

# ВГС держит экзамен

**Алексей Даняев** ▶ Судостроение консервативно, инновации в конструкции судовых корпусов редки и возникают обычно на межотраслевых стыках. Концепция нового типа корпуса для переходного режима движения, предложенная в нашем журнале более десяти лет назад проф. Ю. И. Лобынцевым, сначала казалась чересчур радикальной («Кия» №166, 1998; 192, 2004).

**Н**апомним, речь шла о способе уменьшения сопротивления движению водоизмещающего корпуса за счет «разделения» его подводной части на удлиненное хорошо обтекаемое подводное тело и относительно широкое плоское днище, которое движется с малым погружением и как бы «экранирует» области с меняющимся давлением на подводной части от влияния свободной поверхности, что, по идее, снижает волнообразование. Такое решение позволило бы получить вместительный корпус малого удлинения  $L/B$ , обладающий при этом гидродинамикой более удлиненного и ходкого. Корпус был назван автором «водоизмещающе-глаттисующим», что часто вызывало непонимание – его принимали за многорежимный, хотя оптимально работать он должен в пределах достаточно узкой зоны скоростей переходного режима.

История знает попытки создания «неволнообразующего» судна, которые успехом не увенчались, хотя и дали путевку в жизнь некоторым популярным решениям наподобие «морских саней». В остальном концепция ВГС выглядела не противоречащей здравому смыслу, хотя и непривычной. Время шло, идея «овладевала массами», любители строили по предложенной схеме реальные суда, накапливался практический опыт их использования, но не хватало научной проверки и сравнения полученных данных с уже наработанным опытом по аналогичным судам переходного режима движения. Надо отдать должное автору идеи: за 15 лет бескорыстного ее продвижения он не только держал «на контроле» примеры реализации подобных судов, но и добился проведения полноценных испытаний модели ВГС в опытовом



Профессор Ю. И. Лобынцев на испытании модели ВГС в опытовом бассейне ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова

бассейне ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова (рис. 1).

Полученные результаты выглядят довольно любопытными. Представляем вашему вниманию краткий отчет о результатах с сопоставлением их с практикой успешного владения автором катером «Мальстрём», публикации о котором выходили не раз (№230, №231, 2011; №245, 2013).

Наука свое слово сказала. Не верить результатам бассейновых испытаний смысла нет – работа проделана большая и сложная, специалисты и оборудование высшего класса, автор присутствовал также при показательном прогоне модели. Но важна и адекватная

## Выдержка из отчета об испытаниях модели длиной 1.5 м и базовой массой 27.8 кг

Специалистами института рассмотрено предложение по созданию ВГС. Для определения основных характеристик выполнены следующие работы:

Проведены испытания в опытовом бассейне модели ВГС при различных значениях водоизмещения и положениях ЦТ по длине.

Выполнен расчет зависимостей статической смоченной поверхности и водоизмещения модели от осадки.

Выполнен расчет сопротивления трения и определено остаточное сопротивление модели по результатам испытаний.

Выполнен расчет сопротивления движению для модели быстроходного судна традиционной формы и проведено сопоставление ее полного и остаточного сопротивления с аналогичными характеристиками ВГС. При этом длина моделей по ВЛ и водоизмещение принимались одинаковыми. В качестве основы для сравнения выбрано традиционное круглоскулое судно переходного режима движения, аналогичное моделям серии NPL или серии де Гроота.

На основе результатов выполненной работы сделаны следующие выводы:

Модель ВГС не обладает достаточной статической остойчивостью и может использоваться только с балластом, размещенным

в нижнем корпусе. Для обеспечения необходимой остойчивости величина балласта должна составлять 30–50% полного водоизмещения.

Смоленная поверхность корпуса ВГС примерно в 1.9 раза превышает смоченную поверхность судна традиционной формы. Вследствие этого полное сопротивление модели ВГС значительно превышает сопротивление модели корпуса традиционного типа.

Значение остаточного сопротивления ВГС при различных скоростях движения определялось как разность между полным сопротивлением движению и сопротивлением трения  $R_F = C_{F0} \cdot (\rho v^2 / 2) \cdot \Omega$ . В диапазоне относительных скоростей  $FnG > 1.25$  коэффициент остаточного сопротивления модели ВГС практически полностью совпадает с коэффициентом остаточного сопротивления судна традиционного типа, а полное сопротивление модели ВГС значительно превышает сопротивление движению модели быстроходного судна традиционного типа. В диапазоне относительных скоростей  $FnG < 1.25$  коэффициент остаточного сопротивления модели ВГС значительно превышает коэффициент для модели судна традиционного типа.

Таким образом, предполагаемые преимущества ВГС перед быстроходными судами традиционного типа не нашли экспериментального подтверждения. Кроме того, результаты испытаний выявили ряд значительных недостатков ВГС, а именно: пониженную статическую остойчивость, большую смоченную поверхность, повышенное остаточное сопротивление на малых скоростях. При движении ВГС на волнении эти недостатки, по-видимому, будут усугубляться.

*Зам. ген. директора, д.т.н., чл.-кор. РАН А. В. Пустошный*

### Ответное письмо Ю. И. Лобынцева

Выражаю благодарность за проведенные испытания модели ВГС. Однако сожалею, что предлагаемые мной проекты программы испытаний остались без ответа.

По полученному мной заключению хотел бы сделать следующие замечания:

1. Какие-либо сведения о судне, выбранном для сравнения (в частности, сведения о его остойчивости и относительном удлинении  $L/B$ ), в заключении отсутствуют. Исполнитель наносит кривую остаточного сопротивления избранного им традиционного образца. Однако аналогичная кривая, полученная по испытаниям серии Гроота (см. Справочник под ред. Мордвинова, рис. 5.37), идет значительно (в 1.5 раза!) выше и выходит из поля графика. У Гроота испытывались модели с относительным удлинением  $L/B = 3.53 \dots 10.09$  (модель ВГС имела  $L/B = 2.2$ ); можно лишь предположить что у избранного исполнителем для сравнения «традиционного» судна  $L/B = 12$ .

2. Исполнитель в своем Заключении пишет также: «Модель ВГС не обладает достаточной статической остойчивостью...». К сожалению, никаких исследований по этому поводу исполнителем не проводилось...

3. Геометрическая форма ВГС значительно отличается от формы традиционных судов. Это существенно нарушает геометрическое подобие – основное условие динамического подобия при моделировании. Поэтому использование принятых в судостроении характеристических коэффициентов требует осторожности...

Все это, по мнению автора, говорит о неправомерности подобного сравнения.

*Инженер-физик по специальности гидроаэродинамика, д. т. н., профессор Ю. И. Лобынцев*

интерпретация полученного результата. Всеобщего и безоговорочного преимущества в ходкости у предложенной схемы (в зарубежной практике часто называемой «box keel») обнаружить не удалось, значит ли это, что невозможны и частные выигрыши? Ведь далеко не всегда характеристики корпуса судна выбираются из условия наименьшего сопротивления движению – есть и другие проектные соображения. Сравнение с сериями NPL и Гроота правомерно, но они разрабатывались для исследований крупных судов с совершенной гидродинамикой, а удлинение по ватерлинии  $L/B$  модели ВГС слишком мало, чтобы считать их достаточно подходящими для сопоставления. Для малотоннажных судов переходного режима куда лучше подходит серия 63 Тейлоровского бассейна с таким же  $L/B = 3.0$ . Данные по ней есть в упомянутом справочнике под ред. Мордвинова. Очень близким удлинением ВЛ обладает и «Мальстрём».

Для наибольшей достоверности данных пришлось построить геометрическую модель корпуса 63-й серии по известной проекции «Корпус» (рис. 3) под заданное удлинение и водоизмещение. Вычисленное значение смоченной поверхности использовалось в пересчете, проведенном по той

же стандартной методике, что применялась и в опытовом бассейне.

Результаты пересчета приведены на графиках. На рис. 4 сопоставлены сопротивления модели ВГС и модели серии 63 с равными удлинением по ВЛ и водоизмещением. Как видно, сопротивления в районе «горба», когда число



Рис.1. Модель ВГС, подвешенная под буксировочной тележкой, направляется на стартовую позицию для демонстрационного прогона

Рис. 2. Внешний вид и эскиз теоретического чертежа модели ВГС Ю. И. Лобынцева

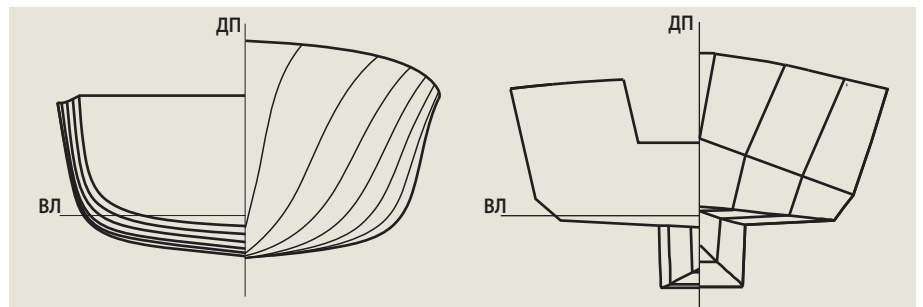
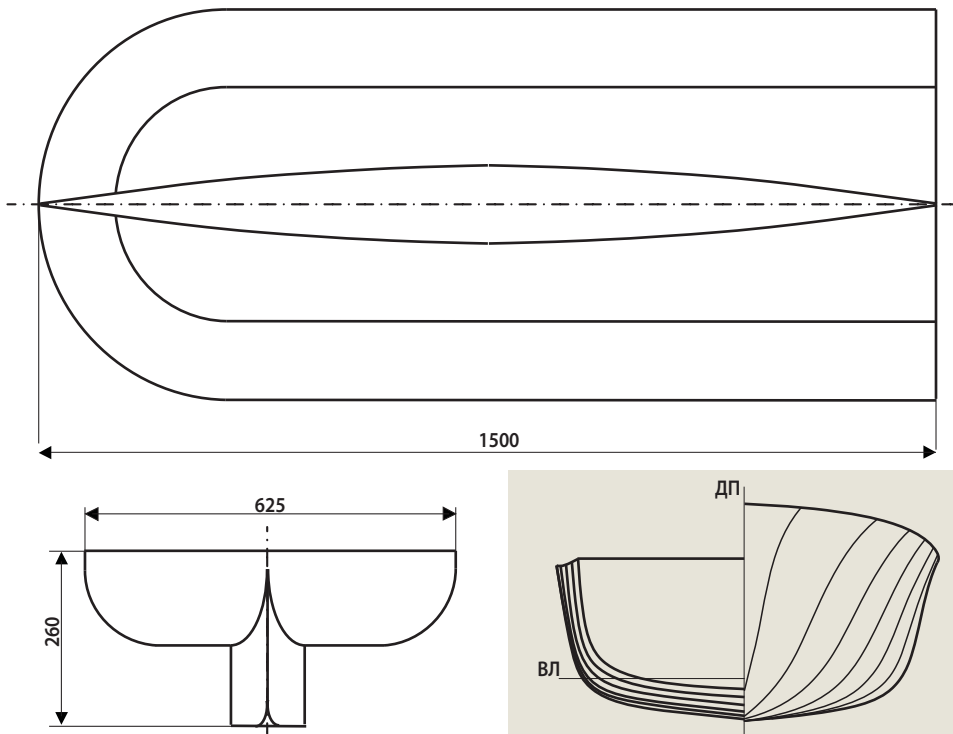


Рис. 3. Проекция «Корпус» модели серии 63 (слева) и катера «Мальстрём» (справа), использованные для сопоставления результатов буксировочных испытаний

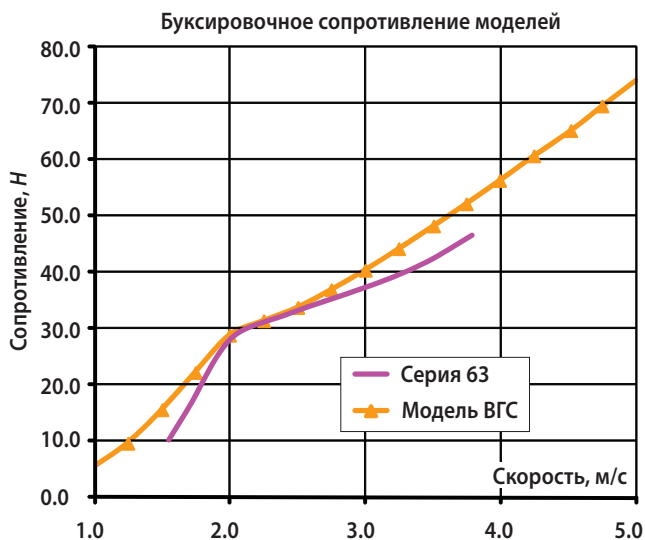


Рис. 4. Сопоставление буксировочных сопротивлений модели ВГС и равной по длине и водоизмещению модели серии 63. Сопротивление ВГС в целом выше из-за развитой смоченной поверхности

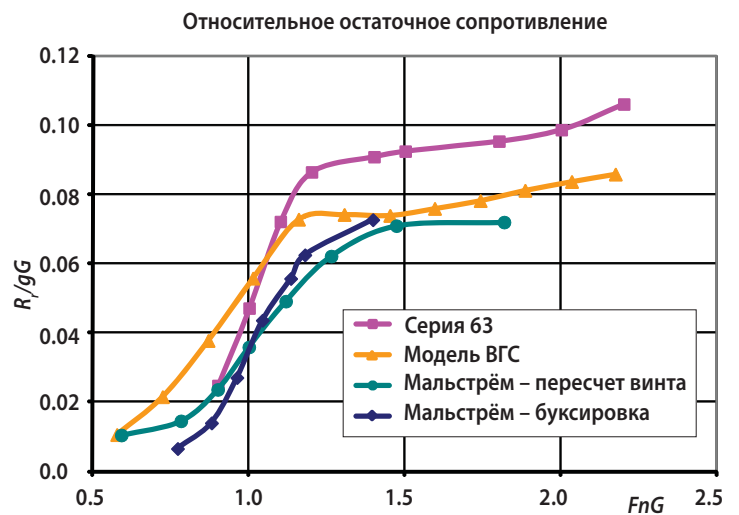


Рис. 5. Сопоставление относительных остаточных сопротивлений моделей с равными удлинениями  $L/B$  и  $L/G^{1/3}$ . ВГС заметно выигрывает у серии 63 при высоких скоростях хода

Фруда по длине равно 0.5–0.6, практически совпали; при более низких и более высоких скоростях 63-я серия заметно выигрывает. Причина очевидна: меньшая смоченная поверхность, отсутствие выступающего киля позволяют иметь меньшую составляющую трения, которая сильнее сказывается именно вне области «горба». Впрочем, надо заметить,

что классические суда переходного режима движения всегда оборудуются развитым плавником-дейдвудом, что увеличивает реальную смоченную поверхность и несколько сдвигает «традиционную» кривую вверх.

Намного интереснее выглядит картина сравнения безразмерных параметров (рис. 5). Относительное остаточ-

ное сопротивление  $R_r/gG$ , полученное после вычитания из общего сопротивления составляющей трения, у ВГС оказалось примерно на 20% ниже, что определенно свидетельствует о меньшем сопротивлении формы, и, возможно, наличии того самого «экранирующего эффекта». К сожалению, неизбежное увеличение смоченной

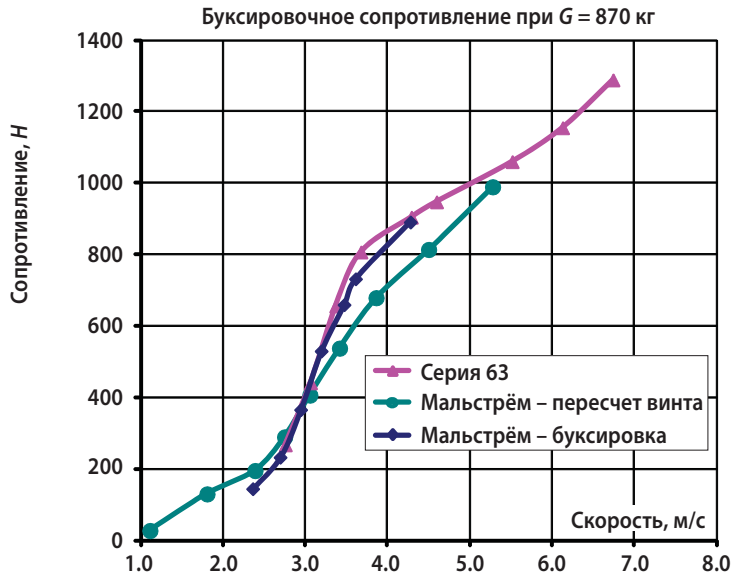


Рис. 6. Сопоставление буксировочных сопротивлений катера «Мальстрём» и равно по длине и водоизмещению судна на основе модели «серии 63». Результаты очень близки во всем диапазоне скоростей переходного режима

поверхности у ВГС (в данном случае на 66%) сводит преимущество к нулю. Но коль скоро сопротивление формы все-таки ниже, почему бы не подыскать более благоприятный компромисс с трением, способный дать преимущество перед традиционным корпусом равного удлинения  $L/B$ ? На этом поле еще можно поработать.

Катер «Мальстрём» по сравнению с предложенной Ю. И. Лобынцевым моделью имеет относительно менее заглубленный киль, острый нос и в целом меньшую смоченную поверхность, примерно на 16%, хотя и на 42% большую, чем у корпуса серии 63. Автор провел множество замеров параметров хода, как под мотором, так и при буксировке катера на динамометре за другим судном. К сожалению, из-за примитивности использовавшихся средств данные замеров нуждались в пересчете (трудно поддавались учету условия работы гребного винта «Мальстрёма», а также влияние кильватера при буксировке) и поэтому достаточно условны, с точностью до принятых коэффициентов взаимодействия корпуса с винтом и шероховатости днища. Но поскольку максимальная мощность мотора все-таки достоверна, можно было на разных стадиях расчета «прокалибровать» данные замеров, и они в результате сошлись удовлетворительно. На рис. 6 показаны кривые сопротивления «Мальстрёма», полученные как буксировкой, так и

пересчетом упора винта по оборотам и скорости; для сравнения дана кривая сопротивления корпуса серии 63, имеющего равные размеры по ВЛ (5.0×1.7 м) и водоизмещение  $G = 870$  кг. Как видно, тенденции очень близки. Кроме того, не учтено то, что буксируемая натура имела довольно грубую поверхность днища, крашенную кистью, к тому же очень вероятно, что к моменту проведения буксировки катер был в реальности тяжелее по сравнению с построечными весовыми данными вследствие неизбежного увлажнения фанерного корпуса. Этим можно отчасти объяснить разброс данных, снятых в разное время.

На том же рис. 5 видно, что относительные остаточные сопротивления, полученные пересчетом самоходных и буксировочных испытаний «Мальстрёма», очень близки между собой и сближаются с данными буксировки модели ВГС в верхнем скоростном диапазоне, а в нижнем — с данными серии 63. То, что при малых скоростях и на «горбе» сопротивления «Мальстрём» демонстрирует лучшие результаты — скорее всего следствие заостренности его носа; круглоносая модель ВГС при этом гнала перед собой мощный бурун.

После нескольких лет работы над корпусами подобного типа и проведенных лабораторных и натурных испытаний можно обоснованно резюмировать: при взвешенном подходе к проектированию корпус ВГ-типа обладает как мини-



мум не худшими ходовыми качествами по сравнению с традиционными корпусами близких размерений, особенно в районе самого «горба сопротивления», а если провести поиск компромиссных форм с меньшей смоченной поверхностью, ходовые качества ВГС могут превзойти «традиционные» равного удлинения и нагруженности.

Корпус с развитым объемным килем под днищем действительно обладает специфическими характеристиками остойчивости с выраженным «провалом» роста восстанавливающего момента при крене от 10 до 25° (отмечено в №231). Эта особенность не помешала автору уверенно ходить даже по предельной 1.5–2-метровой волне всеми возможными курсами, при том что массы, постоянно расположенные в киле, составляли не более 10–12% водоизмещения. Тем не менее, проектант должен принять меры, чтобы при больших углах крена величина плеча остойчивости не уменьшалась ниже нормы. Это решаемая задача.

Как уже было отмечено, при выборе формы корпуса помимо критерия экономичности хода действуют и другие критерии. Если техническое задание требует получить комфортабельный вместительный корпус, то размещение стационарного двигателя, цистерн и запасов в подднищевой гондоле может стать хорошим решением, не ухудшающим, а во многих случаях улучшающим ходовые качества. **✎**

*Автор статьи благодарит сотрудника ФГУП «Крыловский государственный научный центр» В. Н. Аносова за активное содействие в проведении исследования.*